Les valves de contrôle
Module 06

René Lacroix
Département de génie chimique

Table des matières



Introduction



Une valve de contrôle est une valve motorisée servant à moduler le débit dans une conduite pour obtenir une pression, un débit ou une température donnés.

La valve de contrôle est constituée des parties suivantes: la valve (constituée d'un orifice à dimension variable), un actuateur (servant à faire varier la dimension de l'orifice) et un positionneur optionnel (servant à ajuster exactement la position de l'actuateur).



Deux types de valves sont utilisés dans la conception d'une valve de contrôle :

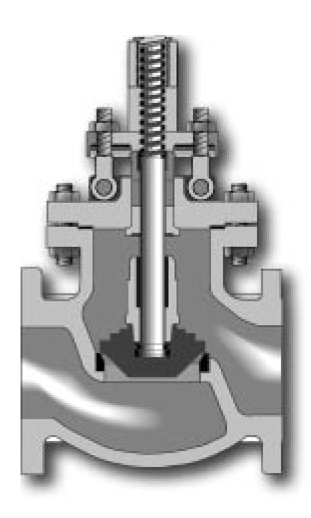
- les valves à mouvement linéaire,
- les valve à mouvement rotatif.

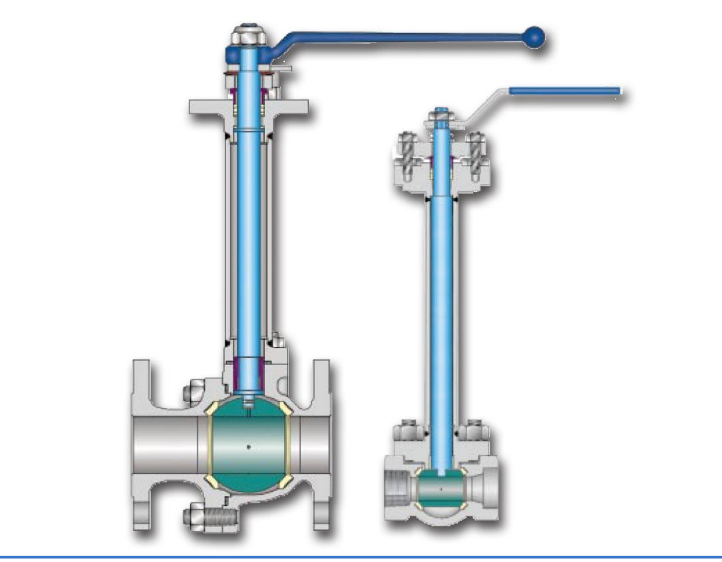
Le schéma suivant présente la classification des valves de contrôle

- Valves de contrôle
  - Mouvement linéaire
    - Globe
      - Globe
      - Angle
      - 3 voies
    - Gate
    - Diaphragme
    - Pinch
  - Mouvement rotatif
    - Papillon
    - Tournant sphérique

Une comparaison des deux types de valves

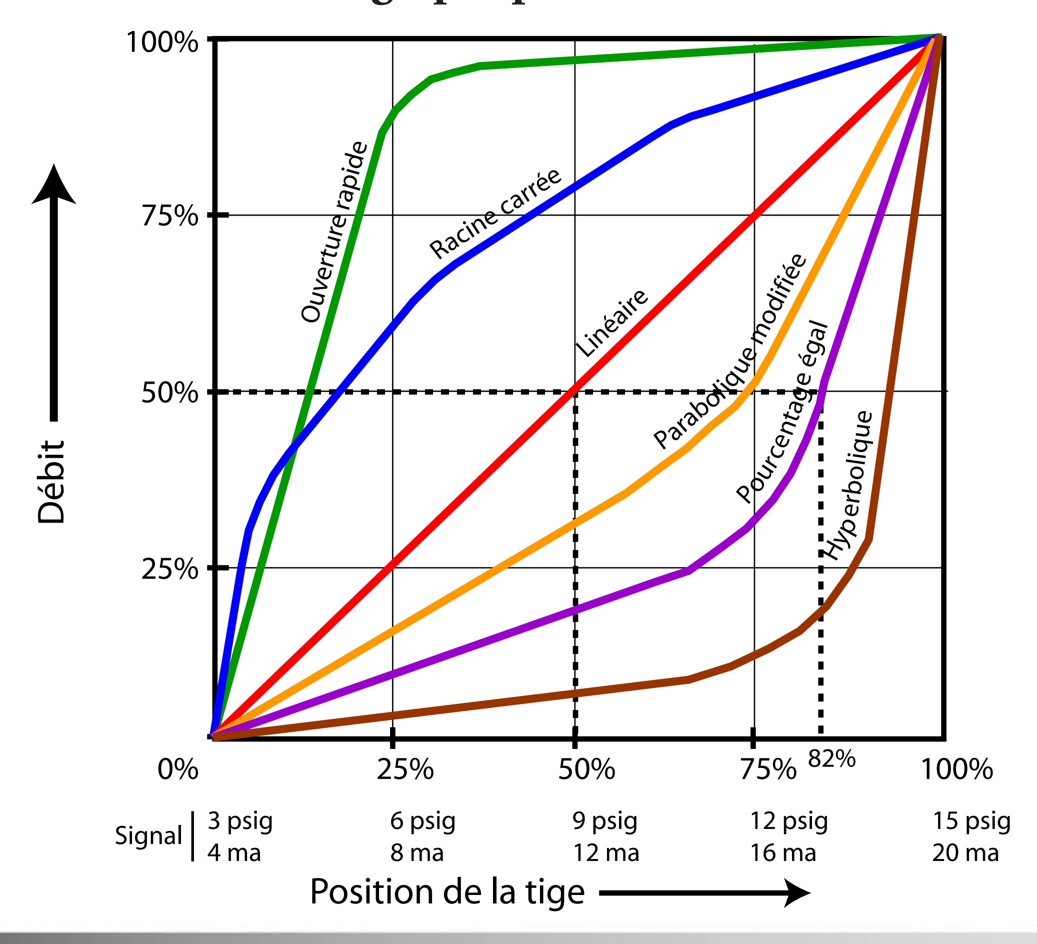
Linéaire	Rotation
Écoulement tortueux	Écoulement direct
Perte de charge importante	Faible perte de charge
Difficile d'obtenir des petits débits	Grande gamme de débits
Fonctionne à grande pression	Fonctionne à plus faible pression

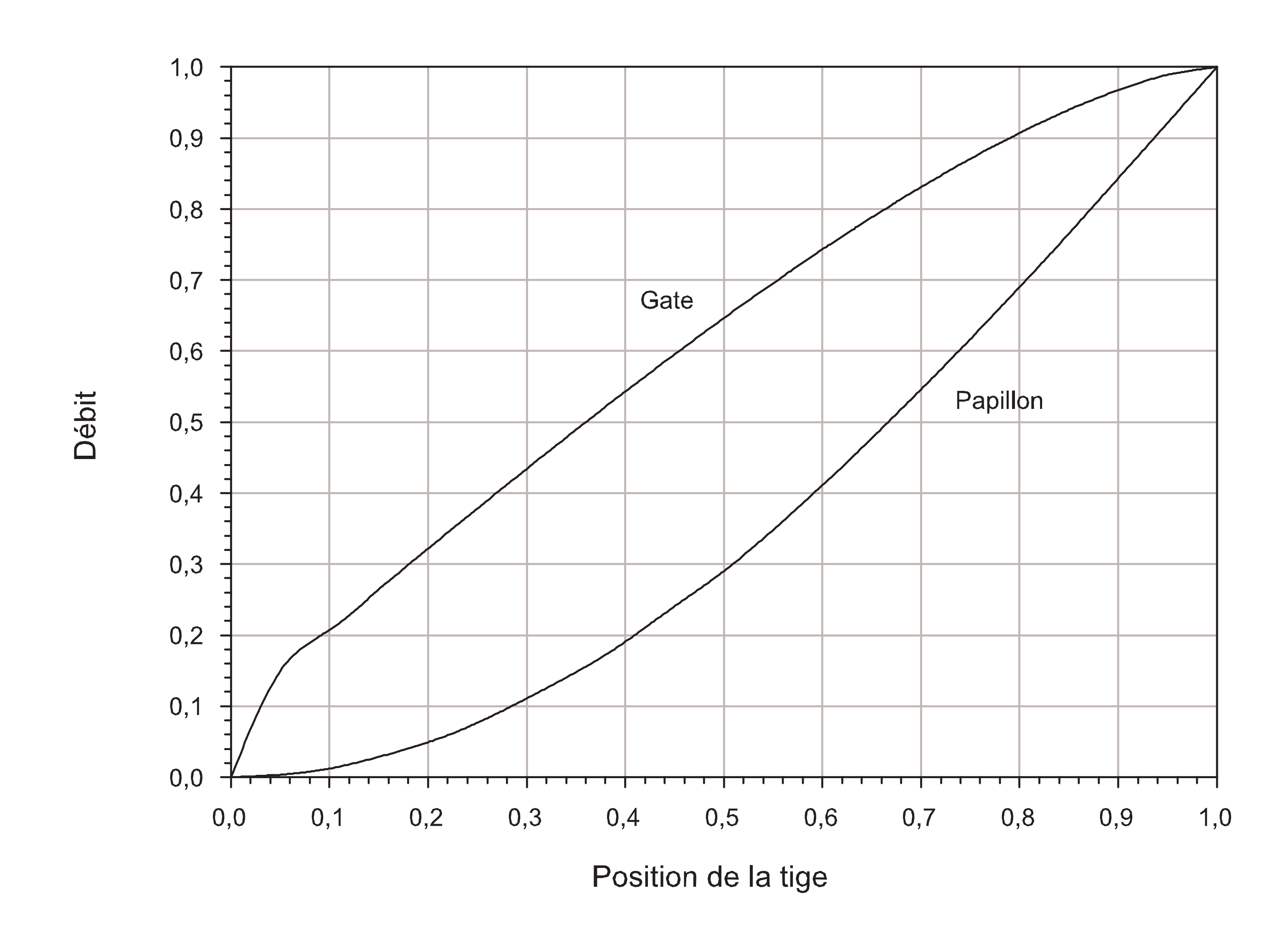




Caractéristiques d'écoulement

Caractérisent la relation entre la course de la tige de la valve et le débit la traversant.
On représente cette relation sous forme graphique.




1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
Débit
Gate
Papillon
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
Position de la tige

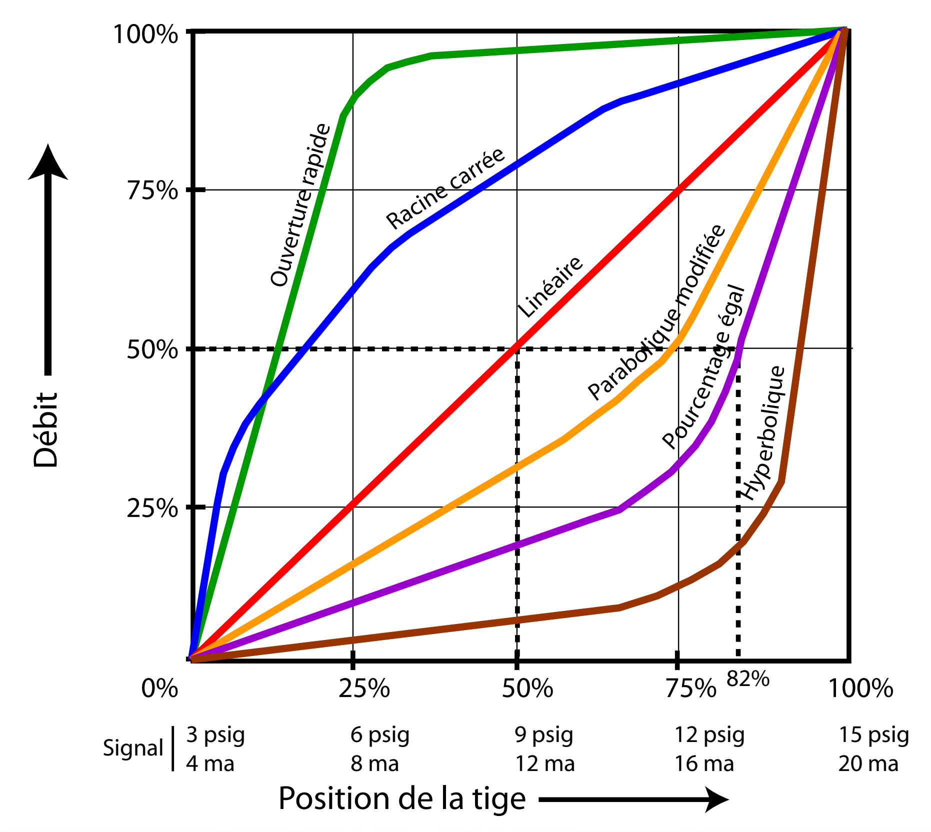
Ouverture rapide

La valve à ouverture rapide permet d'obtenir un grand changement de débit avec une petite variation de la position de la tige de la valve. Elle est peu utiliser dans les systèmes de contrôle pour moduler le débit. On l'utilise plutôt comme valve on-off.

La majorité des valves de contrôle se trouvent dans les catégories linéaire, parabolique modifiée et pourcentage égal.

Linéaire

La variation du débit varie linéairement avec la position de la tige de la valve. On l'utilise dans certains cas.

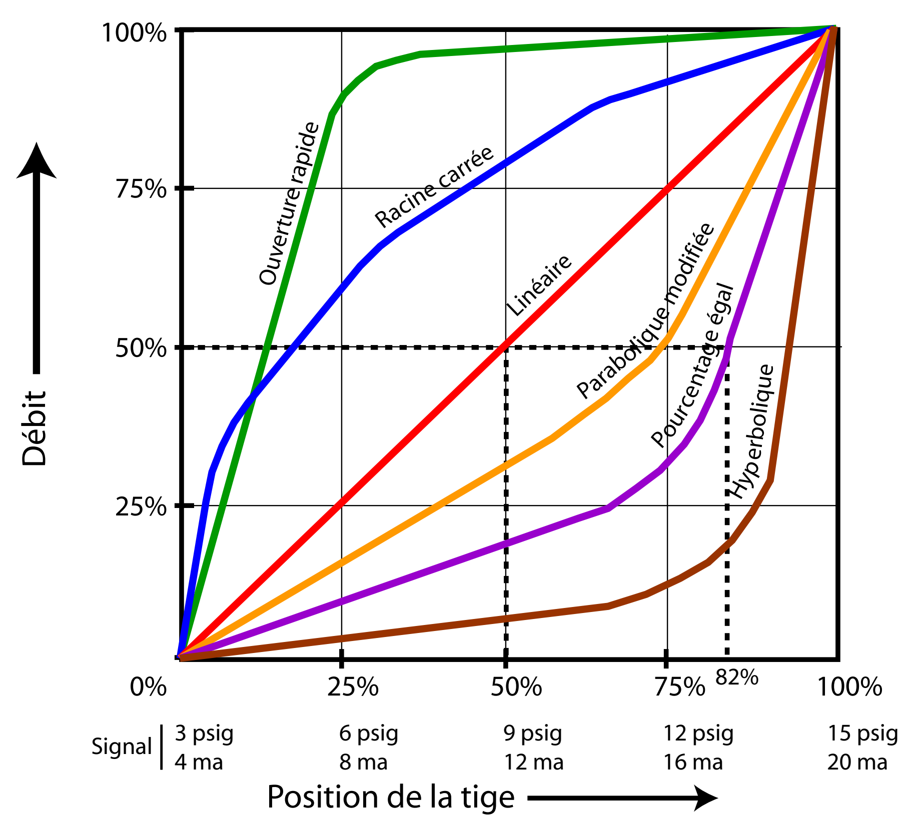


Pourcentage égal

La variation du débit est exponentielle avec la variation de la course de la tige. Cette valve est utilisée dans la majorité des cas.

Parabolique modifiée

Se situe entre linéaire et pourcentage égal. Permet des ajustements fins à faible débit et un ajustement linéaire à haut débit.



Plage d'utilisation

• La plage d'utilisation d'une valve de contrôle peut être importante dans certains cas.

• Cette valeur est définie comme étant le rapport entre le débit maximum et le débit minimum pour lequel la caractéristique de la valve est évidente et le contrôle possible.

• Une grande valeur (100:1) caractérise une valve qui peut fonctionner à grand et faible débit. Dans ce cas, une valve auxiliaire n'est pas nécessaire.

• La valeur de 25:1 est celle que l'on retrouve le plus souvent.

Le coefficient C_v

• Un paramètre très utilisé pour déterminer la dimension d'une valve de contrôle, il est normé (ANSI/ISA S75.01).

• Définition: le nombre de gallons/minute (m^3/h) d'eau à 60 °F (15.6 °C) traversant la valve de contrôle avec 1 psi (1 bar) de perte de charge.

• On détermine généralement le C_v maximum lorsque la valve est complètement ouverte.

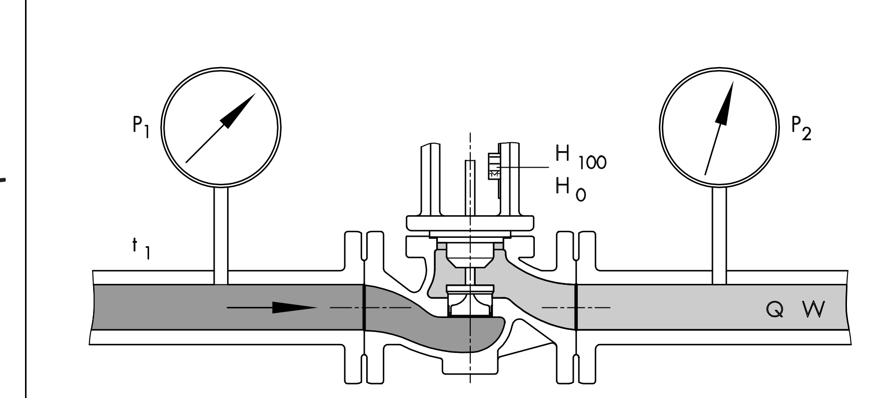
• L'équation suivante permet de calculer C_v :

$$C_v = Q\sqrt{\frac{G_t}{\Delta P}}$$

Q = débit volumique, gpm (m^3/h)
G_t = densité spécifique d'un liquide
ΔP = perte de charge à travers la valve, psi (bar)

Le coefficient K_v

Le coefficient K_v est l'équivalent de C_v en système SI. Il est également normé (DIN EN 60 534).



p_1	Pression amont
p_2	Pression aval
H	Course
Q	Débit en m³/h
W	Débit en kg/h
ρ	Masse volumique en kg/m³ (en général aussi pour liquides)
ρ_1	Densité amont en kg/m³ (pour gaz et vapeurs)
t_1	Température en °C en amont de la vanne

Fluides / Diff. de pres.	Liquides m³/h	Liquides kg/h	Gaz m³/h	Gaz kg/h	Vapeur d'eau kg/h
$p_2 > \frac{p_1}{2}$	$K_v = Q\sqrt{\frac{\rho}{1000\ \Delta p}}$	$K_v = \frac{W}{\sqrt{1000\ \rho\ \Delta p}}$	$K_v = \frac{Q_G}{519}\sqrt{\frac{\rho_G\ T_1}{\Delta p\ p_2}}$	$K_v = \frac{W}{519}\sqrt{\frac{T_1}{\rho_G\ \Delta p\ p_2}}$	$K_v = \frac{W}{31{,}62}\sqrt{\frac{v_2}{\Delta\ p}}$
$\Delta p < \frac{p_1}{2}$					
$p_2 < \frac{p_1}{2}$			$K_v = \frac{Q_G}{259{,}5\ p_1}\sqrt{\rho_G\ T_1}$	$K_v = \frac{W}{259{,}5\ p_1}\sqrt{\frac{T_1}{\rho_G}}$	$K_v = \frac{W}{31{,}62}\sqrt{\frac{2v^*}{p_1}}$
$\Delta p > \frac{p_1}{2}$					

Ici :

p_1	(bar)	Pression absolue p_{abs}
p_2	(bar)	Pression absolue p_{abs}
Δp	(bar)	Pression absolue p_{abs}
T_1	(K)	273 + t_1
Q_G	(m³/h)	Débit de gaz pour 0 °C et 1013 mbars
ρ	(kg/m³)	Densité de liquide
ρ_G	(kg/m³)	Densité de gaz pour 0 °C et 1013 mbars
v_1	(m³/kg)	Volume spécifique (v' tableau de vapeur) pour p_1 et t_1
v_2	(m³/kg)	Volume spécifique (v' tableau de vapeur) pour p_2 et t_1
v^*	(m³/kg)	Volume spécifique (v' tableau de vapeur) pour $\frac{p_1}{2}$ et t_1

Le coefficient F_L

Le coefficient de récupération de la pression, F_L, représente la quantité de pression récupérée lors du passage à travers la valve. Les valves à tournant sphérique et papillon permettent de récupérer une grande partie de la pression. Les valves globe ont les plus faibles coefficients de récupération.

$F_L = (P_1 - P_2)/(P_1 - P_{VC})$

La cavitation

Lorsque la pression du vena contracta descend sous la pression de vapeur du liquide, il peut y avoir cavitation. La vaporisation se produit lorsqu'il y a assez d'énergie pour faire croître les bulles de vapeur. Si l'énergie est assez grande pour que la coalescence des microbulles se produise (tension de surface), nous assisterons à l'apparition des bulles de gaz. Lorsque les bulles passent dans la zone de plus grande pression, elles s'effondrent violemment. L'effondrement crée une onde de choc qui peut endommager les parois de la valve.

La vaporisation

Lorsque la pression P2 en sortie de la valve se retrouve sous la valeur de pression de vapeur du liquide ou égale à cette valeur, il y a création d'une phase vapeur.

Un exemple

Valve globe modèle 521 de Cashco



- Unibody TFE construction minimizes potential leak paths.
- Dual stem seal design: 100,000 full-cycle bellows primary seal plus V-ring secondary stem seal.
- Anti-stem rotation device to prevent bellows damage.
- 304 SST body jacket resists external corrosion.
- Quick change trim with easily replaceable plug-tip.
- Four body sizes - 1/2», 1», 1-1/2» and 2»; (DN 15, 25, 40 and 50).
- Wide selection of trim sizes and forms.
- 150# RF, flanged body with "gasketless" pipe-to-valve joint.
- Optional capability to mate with 300# RF.
- Optional capability to mate with PN16, PN25 or PN40 DIN flanges.
- Class VI shutoff.
- Spring-loaded bonnet seal.
- All wetted parts are machined from isostatically compacted TFE.
- May be applied in full vacuum service.

www.cashco.com

Valve globe modèle 521 de Cashco

ITEM NO.	DESCRIPTION
1	Body Sub-Assembly
1.1	* Half Shell
1.2	* TFE Core
2	Bonnet
3	Plug Head
4	Plug Retainer Strip
5	Packing Gland
6	Packing Set
7	Belleville Spring Washer
8	Bellows Sub-Assembly
9	Stem Sub-Assembly
10	Spacer Washer
11	Bonnet Gasket
12	Vented Pipe Plug
13	Lockwasher
14	Hex Hd. Cap Screw
15	Yoke Nut
16	Adapter (1-1/2" & 2" sizes only)
17	ANSI/DIN Adapter Gasket (not shown)

Valve globe modèle 521 de Cashco

MODEL 521
THEORETICAL CAPACITY

EQUAL % CHARACTERISTIC

F_L Factor = 0.90

Valve Size inch (DN)	Orifice Size inch (mm)	Range-ability	Minimum Controllable Cv	Cv @ 10% Travel Increments									
				10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1/2" (15)	0.250" (6.35)	25:1	0.004	.006	.008	.011	.014	.020	.028	.038	.053	.072	**0.10**
			0.006	.009	.012	.017	.023	.032	.044	.061	.084	.12	**0.16**
			0.010	.014	.019	.026	.036	.050	.069	.095	.13	.18	**0.25**
			0.016	.022	.030	.042	.058	.080	.11	.15	.21	.29	**0.40**
			0.025	.035	.048	.066	.091	.13	.17	.24	.33	.46	**0.63**
	0.438" (11.12)	40:1	0.020	.030	.044	.065	.096	.14	.21	.31	.46	.68	**1.00**
			0.032	.047	.070	.10	.15	.23	.33	.49	.73	1.08	**1.60**
			0.050	.074	.11	.16	.24	.35	.52	.77	1.14	1.69	**2.50**
1" (25)	0.250" (6.35)	25:1	0.004	.006	.008	.011	.014	.020	.028	.038	.053	.072	**0.10**
			0.006	.009	.012	.017	.023	.032	.044	.061	.084	.12	**0.16**
			0.010	.014	.019	.026	.036	.050	.069	.095	.13	.18	**0.25**
			0.016	.022	.030	.042	.058	.080	.11	.15	.21	.29	**0.40**
			0.025	.035	.048	.066	.091	.13	.17	.24	.33	.46	**0.63**
	0.562" (14.27)	40:1	0.020	.030	.044	.065	.096	.14	.21	.31	.46	.68	**1.00**
			0.032	.047	.070	.10	.15	.23	.33	.49	.73	1.08	**1.60**
			0.050	.07	.11	.16	.24	.35	.52	.77	1.14	1.69	**2.50**
			0.080	.12	.17	.26	.38	.57	.84	1.24	1.83	2.70	**4.00**
			0.100	.15	.22	.32	.48	.71	1.05	1.55	2.29	3.38	**5.00**
	0.875" (22.22)	50:1	0.126	.19	.28	.41	.60	.89	1.32	1.95	2.88	4.26	**6.30**
			0.150	.22	.33	.49	.72	1.06	1.57	2.32	3.43	5.07	**7.50**
			0.200	.30	.44	.65	.96	1.41	2.09	3.09	4.57	6.76	**10.0**
1-1/2" (40)	0.875" (22.22)	50:1	0.126	.19	.28	.41	.60	.89	1.32	1.95	2.88	4.26	**6.30**
			0.150	.22	.33	.49	.72	1.06	1.57	2.32	3.43	5.07	**7.50**
	1.500" (38.10)	50:1	0.200	.30	.44	.65	.96	1.41	2.09	3.09	4.57	6.76	**10.0**
			0.300	.44	.66	.97	1.43	2.12	3.14	4.64	6.86	10.1	**15.0**
			0.500	.62	.92	1.36	2.01	2.97	4.39	6.49	9.60	14.2	**21.0**
2" (50)	1.500" (38.10)	50:1	0.200	.30	.44	.65	.96	1.41	2.09	3.09	4.57	6.76	**10.0**
			0.300	.44	.66	.97	1.43	2.12	3.14	4.64	6.86	10.1	**15.0**
			0.500	.74	1.09	1.62	2.39	3.54	5.23	7.73	11.4	16.9	**25.0**
	1.750" (44.45)	50:1	0.700	1.04	1.53	2.26	3.35	4.95	7.32	10.8	16.0	23.7	**35.0**
			0.800	1.18	1.75	2.59	3.83	5.66	8.37	12.4	18.3	27.0	**40.0**



Valve globe modèle 521 de Cashco

MODEL 521
THEORETICAL CAPACITY
LINEAR CHARACTERISTIC
F_L Factor = 0.90

Valve Size in/(DN)	Orifice Size in/(mm)	Range-ability	Minimum Controllable Cv	Cv @ 10% Travel Increments									
				10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1/2" (15)	0.250" (6.35)	25:1	0.004	.010	.020	.030	.040	.050	.060	.070	.080	.090	**0.10**
			0.006	.016	.032	.048	.064	.080	.10	.11	.13	.14	**0.16**
			0.010	.025	.050	.075	.10	.13	.15	.18	.20	.23	**0.25**
			0.016	.040	.080	.12	.16	.20	.24	.28	.32	.36	**0.40**
			0.025	.063	.13	.19	.25	.32	.38	.44	.50	.57	**0.63**
	0.438" (11.12)	40:1	0.020	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	**1.00**
			0.032	.16	.32	.48	.64	.80	.96	1.12	1.28	1.44	**1.60**
			0.050	.25	.50	.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	**2.50**
1" (25)	0.250" (6.35)	25:1	0.004	.010	.020	.030	.040	.050	.060	.070	.080	.090	**0.10**
			0.006	.016	.032	.048	.064	.080	.10	.11	.13	.14	**0.16**
			0.010	.025	.050	.075	.10	.13	.15	.18	.20	.23	**0.25**
			0.016	.040	.080	.12	.16	.20	.24	.28	.32	.36	**0.40**
			0.025	.063	.13	.19	.25	.32	.38	.44	.50	.57	**0.63**
	0.562" (14.27)	40:1	0.020	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	**1.00**
			0.032	.16	.32	.48	.64	.80	.96	1.12	1.28	1.44	**1.60**
			0.050	.25	.50	.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	**2.50**
			0.080	.40	.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	**4.00**
			0.100	.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	**5.00**
	0.875" (22.22)	50:1	0.126	.63	1.26	1.89	2.52	3.15	3.78	4.41	5.04	5.67	**6.30**
			0.150	.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	**7.50**
			0.200	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	**10.0**
1-1/2" (40)	0.875" (22.22)	50:1	0.126	.63	1.26	1.89	2.52	3.15	3.78	4.41	5.04	5.67	**6.30**
			0.150	.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	**7.50**
	1.500" (38.10)	50:1	0.200	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	**10.0**
			0.300	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.5	12.0	13.5	**15.0**
			0.420	2.10	4.20	6.30	8.40	10.5	12.6	14.7	16.8	18.9	**21.0**
2" (50)	1.500" (38.10)	50:1	0.200	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	**10.0**
			0.300	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.5	12.0	13.5	**15.0**
			0.500	2.50	5.00	7.50	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	**25.0**
	1.750" (44.45)	50:1	0.700	3.50	7.00	10.5	14.0	17.5	21.0	24.5	28.0	31.5	**35.0**
			0.800	4.00	8.00	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	**40.0**

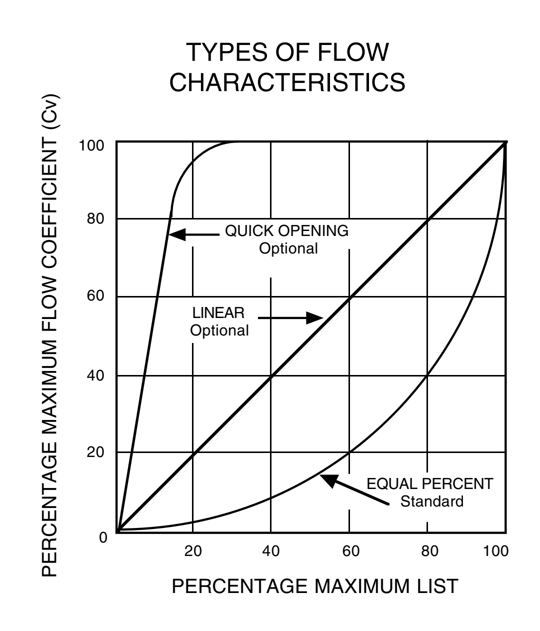
Valve globe modèle 521 de Cashco

CAPACITY - C v

QUICK OPENING

F_L Factor = 0.90

Valve Size inch (DN)	Orifice Size inch (mm)	Cv @ 100% Travel
1/2" (15)	.438" (11.12)	2.50
1" (25)	.875" (22.22)	10.0
1-1/2" (40)	1.500" (38.10)	21.0
2" (50)	1.750" (44.45)	40.0



Sélection d'une valve de contrôle

Contrôle de niveau

ΔP de la valve de contrôle	Type de valve
ΔP constant	Linéaire
ΔP diminue avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) > 20 % ΔP (charge minimum)	Linéaire
ΔP diminue avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) < 20 % ΔP (charge minimum)	Pourcentage égal
ΔP augmente avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) < 200 % ΔP (charge minimum)	Linéaire
ΔP augmente avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) > 200 % ΔP (charge minimum)	Ouverture rapide

Contrôle de débit

Signal de mesure vers le contrôleur	Position de la valve en fonction de l'appareil de mesure	Grande variation de débit	Petite variation de débit, grand ΔP
Proportionnel	En série	Linéaire	Pourcentage égal
Proportionnel	En parallèle*	Linéaire	Pourcentage égal
Proportionel au carré du débit	En série	Linéaire	Pourcentage égal
Proportionel au carré du débit	En parallèle*	Pourcentage égal	Pourcentage égal

* Lorsque la valve de contrôle est fermée, il y a augmentation du débit dans l'appareil de mesure.

Contrôle de la pression

Conditions	Type de valve
Liquide	Pourcentage égal
Gaz, petit volume de tuyau entre la valve et la charge (10pi/3m)	Pourcentage égal
Gaz, grand volume de réservoir ou système de distribution ou tuyau (100pi/30,5m), ΔP diminue avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) > 20 % ΔP (charge minimum)	Linéaire
Gaz, grand volume de réservoir ou système de distribution ou tuyau (100pi/30,5m), ΔP diminue avec l'augmentation de la charge ΔP (charge maximum) < 20 % ΔP (charge minimum)	Pourcentage égal

Les actuateurs ou les servomoteurs

Le but des servomoteurs (actuateurs) est de transformer en déplacement un signal de réglage provenant d'un dispositif d'automatisation (régulateur, poste de commande ou système de procédés), afin que l'organe de réglage - par exemple le clapet de vanne - se positionne selon le signal émis. Le déplacement est linéaire pour les vannes globe et à guillotine tandis qu'il est angulaire jusqu'à 70° pour une vanne papillon ou à tournant sphérique. Les servomoteurs associés aux dispositifs de réglage forment un organe de réglage.

Les servomoteurs peuvent être équipés d'une série d'organes de transmission - par exemple, positionneur, convertisseur, électrovanne, potentiomètre, contact de position - pour l'adaptation aux exigences de l'installation.

Servomoteurs pneumatiques

Les servomoteurs pneumatiques sont des appareils fiables, nécessitant peu d'entretien et de prix avantageux pour les instrumentations pneumatiques et électropneumatiques.

Les appareils périphériques tels que convertisseurs et positionneurs jouent le rôle d'amplificateur, car ils transforment la faible énergie du signal de commande (0,2 à 1 bar) en une pression de commande jusqu'à 6 bars (90 psi).

Servomoteurs électriques et électrohydrauliques

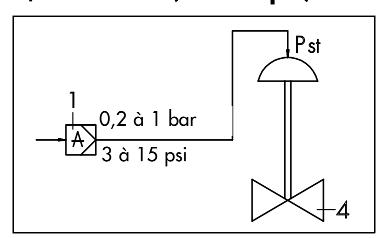
Les servomoteurs électriques et électrohydrauliques sont principalement utilisés lorsque l'air comprimé n'est pas disponible. Ils peuvent être équipés d'une série d'éléments qui permettent l'adaptation aux boucles de régulation.

A Instrumentation pneumatique

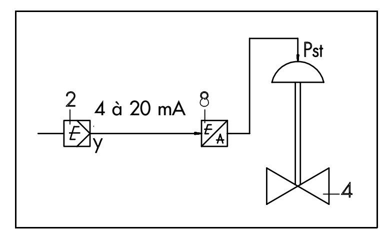
B Instrumentation électropneumatique

C Instrumentation électrique

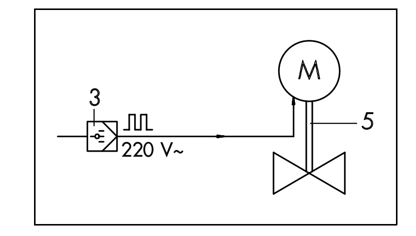
A1
Instrumentation sans positionneur, plage de pression de commande 0,2 ... 1 bar (3... 15 psi)



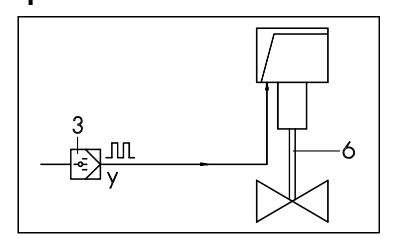
B1
Instrumentation avec convertisseur i/p, pression de commande $p_{st} \leqq 6$ bars) (90 psi)



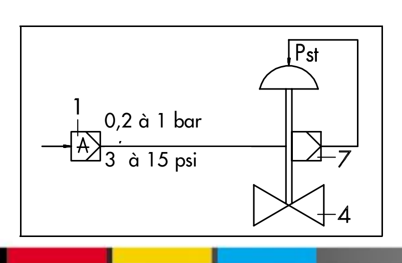
C1
Instrumentation avec moteur monophasé 230 V ~



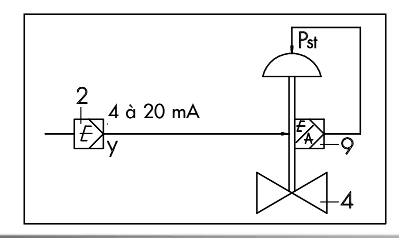
C3
Servomoteur électrohydraulique avec entrée signal trois points



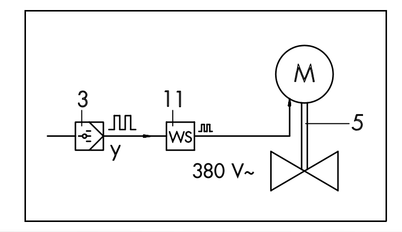
A2
Instrumentation avec positionneur pneumatique, pression de commande $p_{st} \leqq 6$ bars (90 psi)



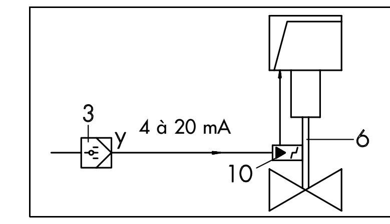
B2
Instrumentation avec positionneur i/p, pression de commande $p_{st} \leqq 6$ bars (90 psi)



C2
Instrumentation avec inverseur de puissance et moteur triphasé 380 V ~



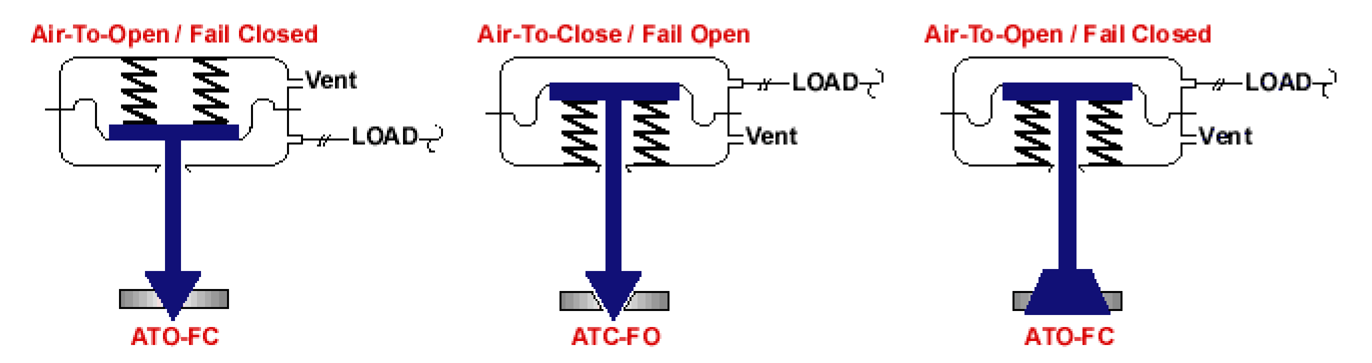
C4
Servomoteur électrohydraulique avec sortie courant continu



Légende des fig. A1 à C4

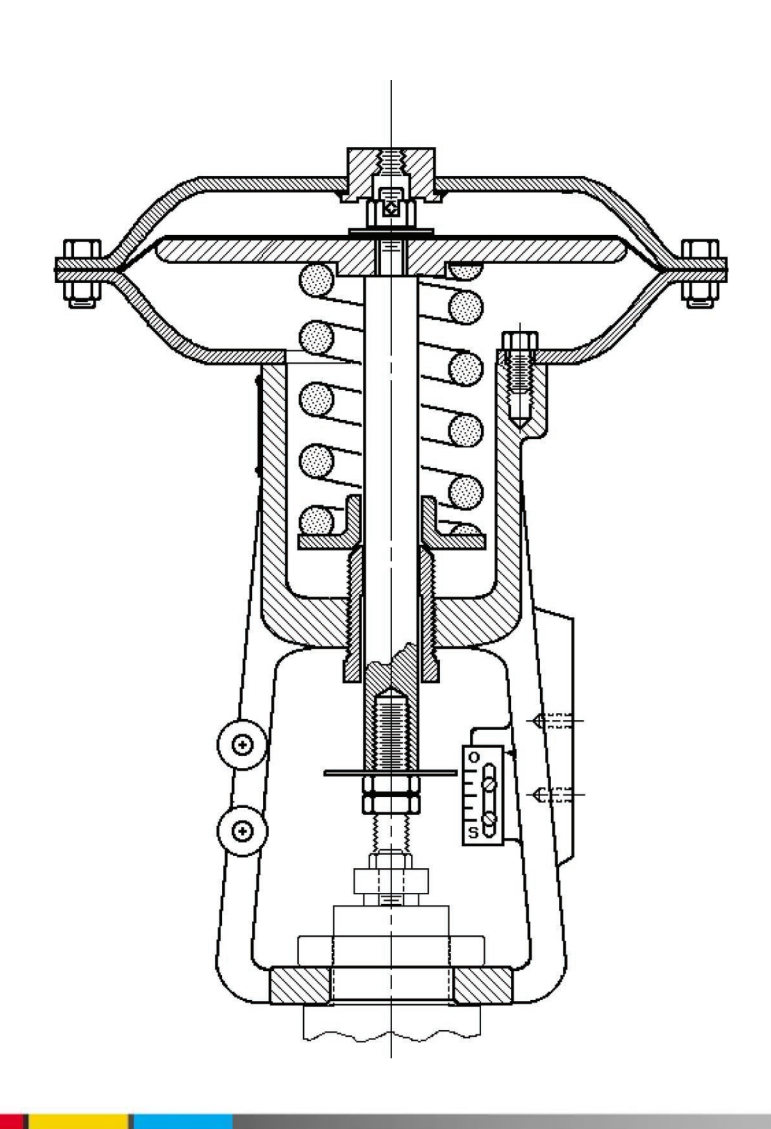
1 Régulateur pneumatique
2 Régulateur électrique ou système de commande avec sortie mA
3 Régulateur électrique ou système de commande avec sortie trois points
4 Organe de réglage pneumatique
5 Organe de réglage électrique
6 Organe de réglage électrohydraulique
7 Positionneur pneumatique
8 Convertisseur i/p
9 Positionneur i/p
10 Positionneur électr.
11 Inverseur de puissance

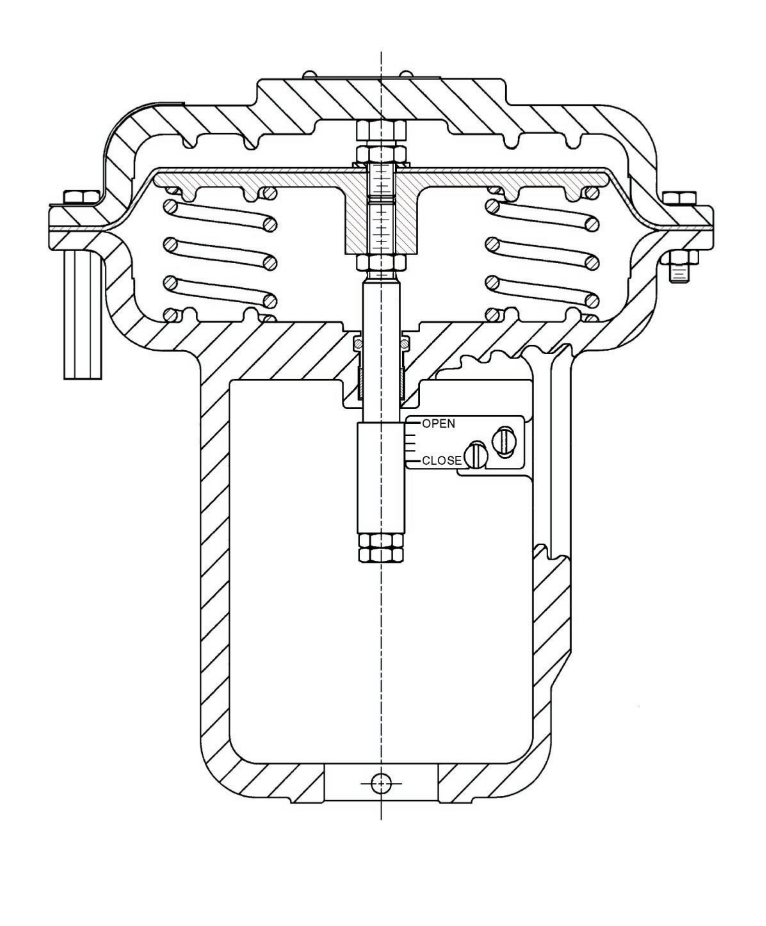
Les servomoteurs pneumatiques sont généralement constitués d'une chambre séparée par un diaphragme sur lequel est attaché un ou deux ressorts. L'air comprimé est injecté d'un côté du diaphragme et contrebalance la poussée des ressorts. La tige se déplace selon la pression exercée sur le diaphragme.



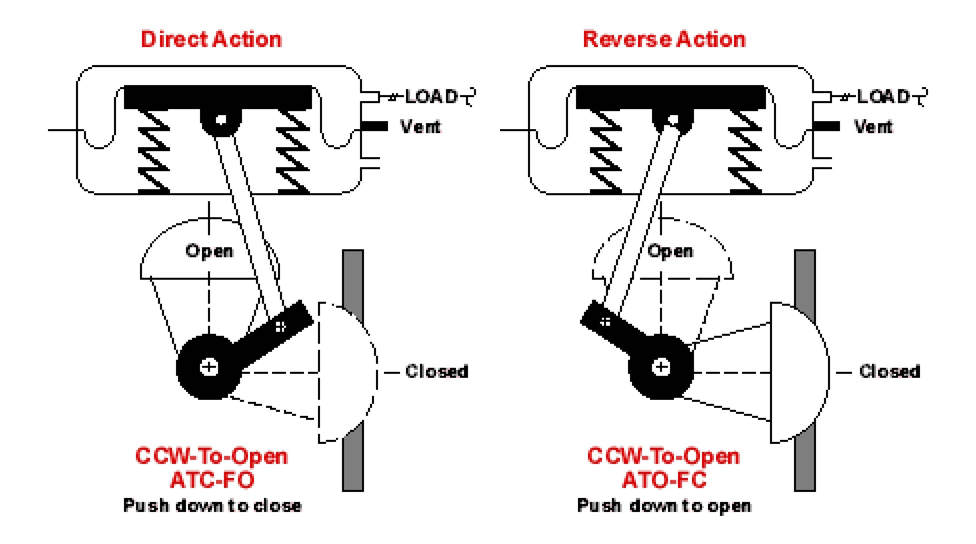
ATO-FC: Air-To-Open/Fail Closed. Dans ce mode de fonctionnement, l'air comprimé sert à faire ouvrir la valve. Lorsque l'air comprimé est coupé, la valve se ferme par la force exercée par les ressorts.

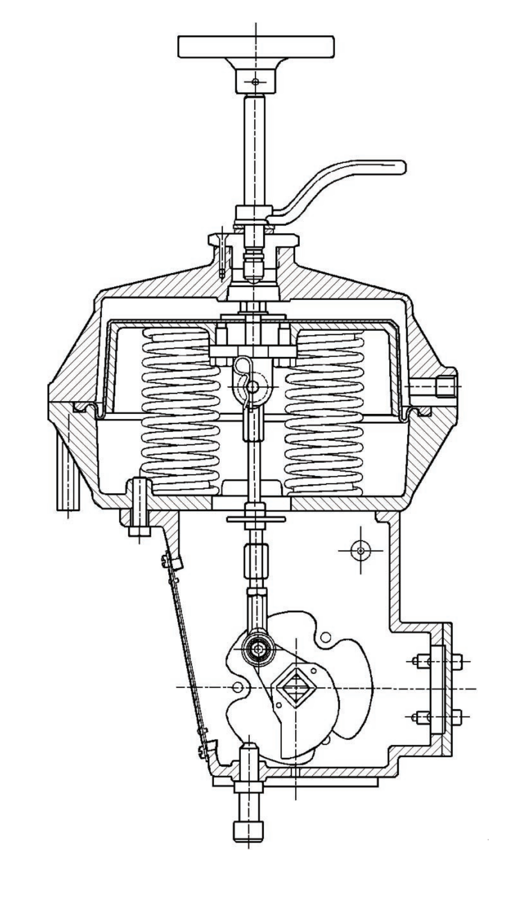
ATC-FO: Air-To-Close/Fail Open. Dans ce mode de fonctionnement, l'air comprimé sert à faire fermer la valve. Lorsque l'air comprimé est coupé, la valve s'ouvre par la force exercée par les ressorts.


S


OPEN
CLOSE

Pour les valves papillon ou à tournant sphérique, on utilise le même principe de fonctionnement que pour les servomoteurs pneumatiques.







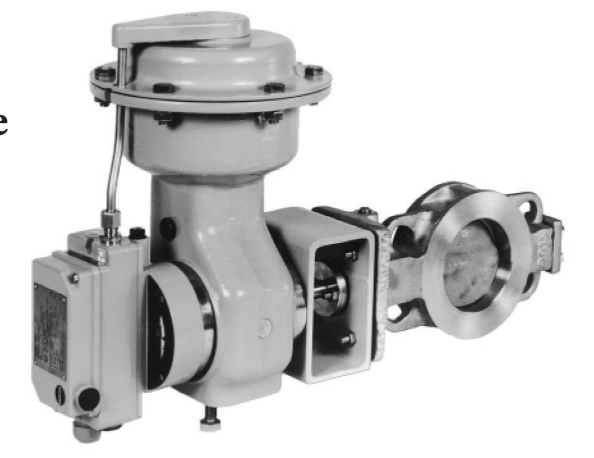
Servomoteur pneumatique avec commande manuelle



Servomoteur pneumatique



Servomoteur pneumatique



Servomoteur rotatif monté sur une vanne papillon avec positionneur intégré

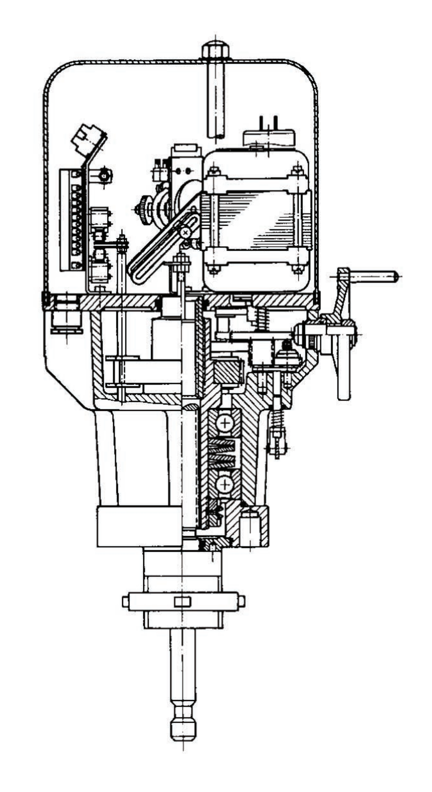


Servomoteur électrohydraulique avec commande manuelle électrique et vanne papillon

Commande manuelle et vanne globe

Servomoteur électrique et vanne globe





Pneumatiques avec ressorts

Avantages

Faible coût d'achat

Peuvent fonctionner sans positionneur

Simples

Sécuritaires (ATO-FC et ATC-FO)

Faible pression nécessaire pour le fonctionnement

Ajustables

Facile d'entretien

Désavantages

Dimension et masse importantes

Pneumatiques à piston

Avantages

Peuvent développer un bon torque

Compacts

Légers

Fonctionnent avec des températures ambiantes élevées

Grande vitesse de déplacement

Ajustables

Faciles d'entretien

Désavantages

Coût d'achat plus élevé

Nécessitent un positionneur

Demandent une pression d'air comprimé élevé

On doit ajouter des équipements pour les rendre sécuritaires (ATC-FO ou ATO-FC)

Électriques

Avantages	Désavantages
Compactes	Coût d'achat élevé
Grande rigidité	Vitesse de déplacement faible
Grand débit	Limités en nombre de cycles
	Pas de mode sécuritaire (ATC-FO ou ATO-FC)

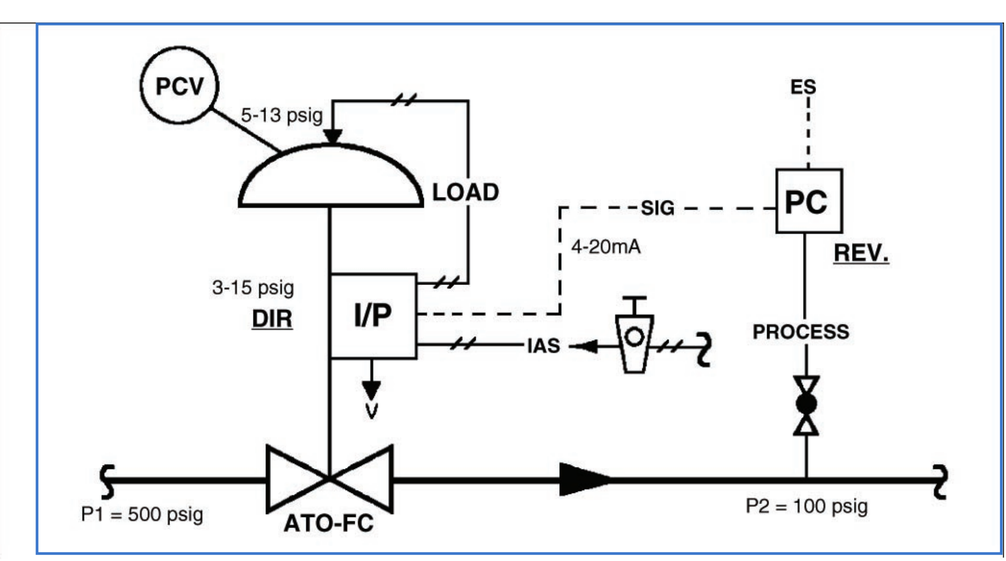
Électrohydrauliques

Avantages	Désavantages
Grande rigidité	Coût d'achat très élevé
Grand débit	Complexes et difficiles à entretenir
Vitesse de déplacement élevée	Dimension et masse importantes
	On doit ajouter des équipements pour les rendre sécuritaires (ATC-FO ou ATO-FC)

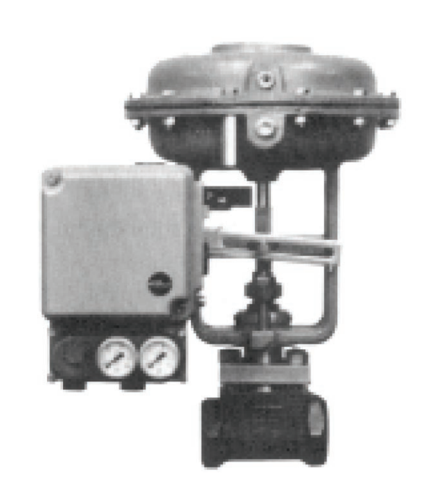
Le positionneur

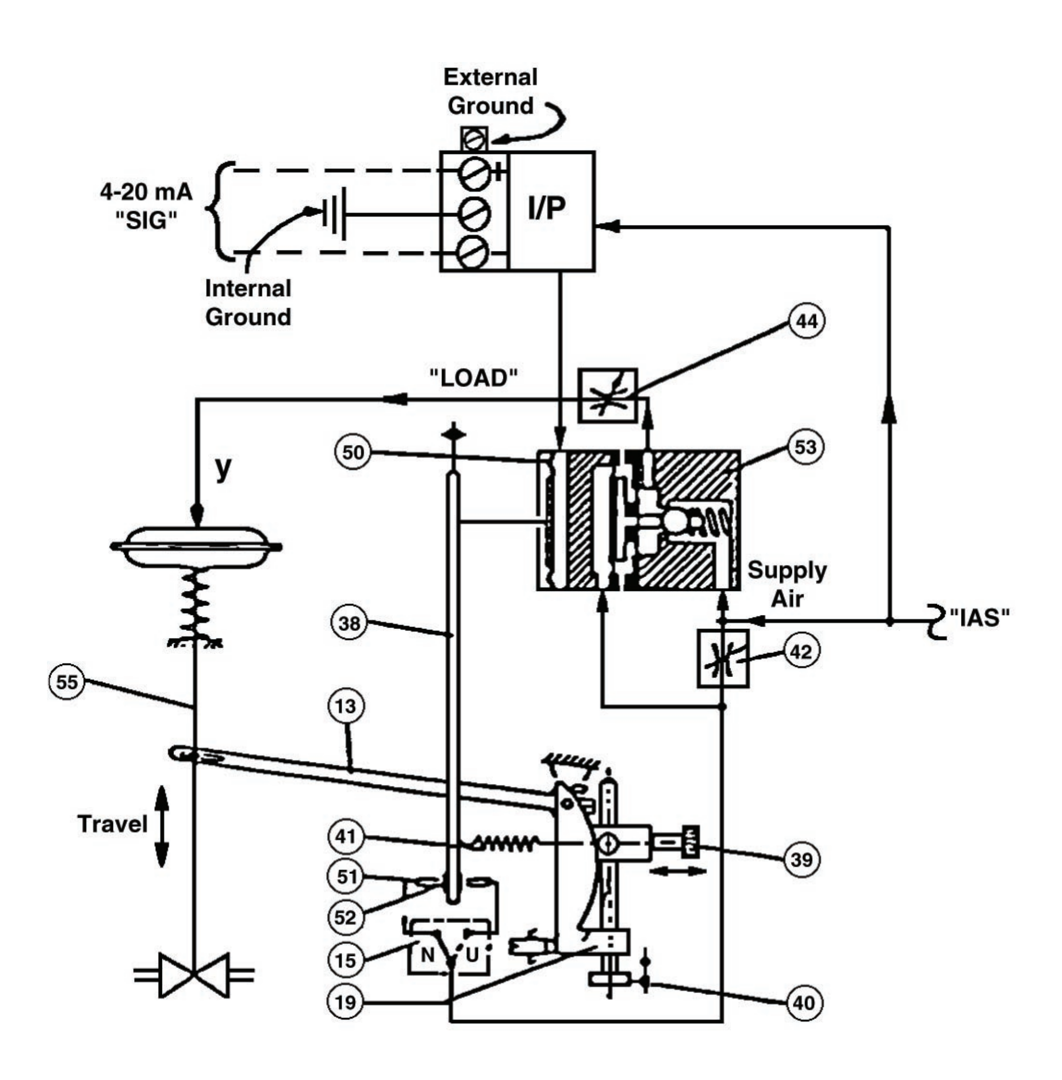
Le positionneur sert à linéariser la relation entre la position de la tige et le signal du contrôleur.





IAS - Instrument Air Supply
PC - Pressure Controller
PCV - Pressure Control Valve
ATO-FC - Air-to-Open, Fail Close
ATC-FO - Air-to-Close, Fail Open
I/P - Electric Current Input/Pneumatic Output
DIR - Direct Acting
REV - Reverse Acting
SIG - Controller Output Signal
V - Vent
ES - Electrical Supply
CW - Clockwise Rotation
CCW - Counter Clockwise Rotation




External
Ground
4-20 mA
"SIG"
I/P
Internal
Ground
"LOAD"
44
y
50
53
Supply
Air
"IAS"
38
42
55
13
Travel
41
39
51
52
15
N
U
19
40

Un positionneur pneumatique pour valve rotative (papillon ou à tournant sphérique)

